

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 196 39 301 A 1

51 Int. Cl.®:  
F 23 D 17/00

21 Aktenzeichen: 196 39 301.9  
22 Anmeldetag: 25. 9. 96  
43 Offenlegungstag: 26. 3. 98

DE 196 39 301 A 1

71 Anmelder:  
ABB Research Ltd., Zürich, CH

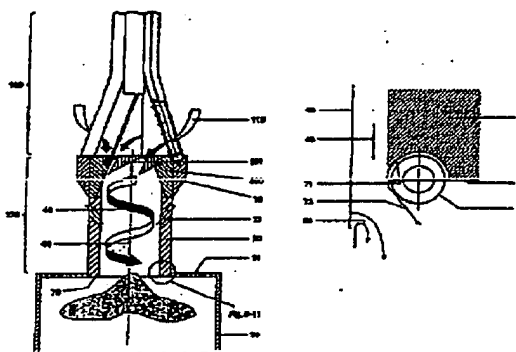
74 Vertreter:  
Lück, G., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 79761  
Waldshut-Tiengen

72 Erfinder:  
Döbbeling, Klaus, Dr., Windisch, CH; Knöpfel, Hans  
Peter, Basenbüren, CH; Walker, Donald Frank, Dr.,  
Gebenstorf, CH

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:  
US 45 61 841

54 Brenner zum Betrieb einer Brennkammer

57 Bei einem Brenner zum Betrieb einer Brennkammer, der im wesentlichen aus einem Drallerzeuger (100), einer dem Drallerzeuger nachgeschalteten Mischstrecke (220) besteht, wobei diese Mischstrecke stromauf einer Brennkammer (30) wirkt, wird die von dem Drallerzeuger (100) induzierte Drelströmung über Übergangskanäle (201) in die Mischstrecke (220) eingeleitet. Am Ausgang eines zur Mischstrecke (220) gehörenden Mischrohrs (20) wird dessen Brennerfront (70) brennkammerseitig mit mindestens einer torus-ähnlichen Einkerbung (71) versehen. Damit lässt sich die Stabilität der Rückströmzone (50) verstärken, was sich unter allen Aspekten auf die Verbrennung positiv auswirkt.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 98 802 013/452

14/22

DE 196 39 301 A 1

DE 196 39 301 A1

1

## Beschreibung

## Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Brenner gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

## Stand der Technik

Aus EP-0 704 657 ist ein Brenner bekanntgeworden, der anströmungsseitig aus einem Drallerzeuger besteht, wobei die hierin gebildete Strömung nahtlos in eine Mischstrecke übergeführt wird. Dies geschieht anhand einer am Anfang der Mischstrecke zu diesem Zweck gebildeten Übergangsgeometrie, welche aus Übergangskanälen besteht, die sektoriell, entsprechend der Zahl der wirkenden Teilkörper des Drallerzeugers, die Stirnfläche der Mischstrecke erfassen und in Strömungsrichtung drallförmig verlaufen. Abströmungsseitig dieser Übergangskanäle weist die Mischstrecke eine Anzahl Filmlegungsbohrungen auf, welche eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit entlang der Rohrwand gewährleisten. Anschließend folgt eine Brennkammer, wobei der Übergang zwischen der Mischstrecke und der Brennkammer durch einen Querschnittsprung gebildet wird, in dessen Ebene sich eine Rückströmzone oder Rückströmblase bildet.

Die Drallstärke im Drallerzeuger wird demnach so gewählt, daß das Aufplatzen des Wirbels nicht innerhalb der Mischstrecke, sondern weiter stromab erfolgt, wie oben ausgeführt im Bereich des Querschnittsprunges. Die Länge der Mischstrecke ist so dimensioniert, daß eine ausreichende Mischungsgüte für alle Brennstoffarten gewährleistet ist.

Obschon dieser Brenner gegenüber denjenigen aus dem vorangegangenen Stand der Technik eine signifikante Verbesserung hinsichtlich Stärkung der Flammenstabilität, tieferer Schadstoff-Emissionen, geringerer Pulsationen, vollständigen Ausbrandes, großen Betriebsbereichs, guter Querzündung zwischen den verschiedenen Brennern, kompakter Bauweise, verbesserter Mischung, etc., gebracht hat, zeigt es sich, daß eine weitere Stärkung der Flammenstabilität sowie eine verbesserte Anpassung der Flamme an die vorgegebene Brennkammergeometrie für einen reibungslosen Betrieb auf höchster Ebene bei der Vormischverbrennung der neueren Generation vonnöten geworden ist.

## Darstellung der Erfindung

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Brenner der eingangs genannten Art Vorkehrungen vorzuschlagen, welche eine Stärkung der Flammenstabilität und eine Anpassung der Flamme an die vorgegebene Brennkammergeometrie bewirken, ohne die übrigen Vorteile dieses Brenners in irgendeiner Weise zu mindern.

Zu diesem Zweck wird die Brennerfront am Ende der Mischstrecke in der Ebene des Querschnittsprunges brennkammerseitig mit einem Torus oder torusähnlicher Einkerbung ausgebildet. Diese Ausgestaltung bewirkt, daß die sich durch die Mischstrecke strömende Verbrennungsluft an die im Torus bildende Strömung anlegt, womit die Drallzahl der Hauptströmung stark ansteigt. Gegenüber einer Strömung ohne Torus vergrößert sich die sich im Bereich des Querschnittsprun-

2

ges bildende Rückströmblase gewaltig. Diese Vergrößerung ist durch eine radiale Ausdehnung und eine axiale Kompaktheit charakterisiert. Dies bewirkt eine Stärkung der Flammenstabilität und die Möglichkeit, durch eine entsprechende Ausbildung des Toruses eine gezielte Anpassung der Flamme an die vorgegebene Brennkammergeometrie vorzunehmen.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung betrifft die Zurückversetzung der kopfseitigen Brennstoffdüse gegenüber der Einströmung der Verbrennungsluft in einen kegelförmigen ausgebildeten Drallerzeuger mit tangentialen Lufteintrittsschlitzten. Durch diese Versetzung kommt die Mündung der Brennstoffdüse stromauf des Einströmungsbereichs zu liegen, so daß das Brennstoffspray aus der Brennstoffdüse mit einem größeren Sprayradius in die Hauptströmung eingedüst werden kann. Mit dieser Vorkehrung wird erreicht, daß das Brennstoffspray bei erstmaligem Kontakt mit der Verbrennungsluft von einem Film zu Tropfen zerfallen ist, und sich die Kegelmantelfläche dieses Brennstoffsprays in diesem Bereich um einen Faktor vergrößert hat, was eine Ausbreitung des Brennstoffsprays verbessert und die Zuströmung der Verbrennungsluft nicht behindert.

Kommt die Brennstoffdüse durch ihre Zurückversetzung im Bereich einer festen Ummantelung zu stehen, lassen sich dann um die Mündung der Brennstoffdüse Öffnungen vorsehen, durch welche Spülluft in den von Brennstoffdüse induzierten Querschnitt einströmt. Der Durchflußquerschnitt dieser Spülluft-Öffnungen sowie die Zurückversetzung der Brennstoffdüse werden so gewählt, daß im Gasbetrieb die durch diese Öffnungen strömende Spülluft nicht ausreicht, um die oben bereits genannte Rückströmblase weiter stromab zu verschieben. Im Flüssigbrennstoffbetrieb wirkt das Brennstoffspray praktisch als Strahlpumpe, womit sich der Spülluftstrom durch die genannten Öffnungen erhöht, dergestalt, daß ein größerer axialer Impuls entsteht, der die Rückströmblase weiter stromab verschiebt.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, daß die Spülluft durch die Öffnungen im Bereich der Mündung der Brennstoffdüse eine Benetzung der Innenwand des kegelförmigen Drallerzeugers verhindert.

Vorteilhafte und zweckmäßige Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Aufgabenlösung sind in den weiteren Ansprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden werden anhand der Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung unwesentlichen Merkmale sind fortgelassen worden. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen angegeben.

## Kurze Bezeichnung der Zeichnungen

Es zeigt:

Fig. 1 einen als Vormischbrenner ausgelegten Brenner mit einer Mischstrecke stromab eines Drallerzeugers,

Fig. 2 einen aus mehreren Schalen bestehenden Drallerzeuger in perspektivischer Darstellung, entsprechend aufgeschnitten,

Fig. 3 einen Querschnitt durch einen zweischaligen Drallerzeuger,

Fig. 4 einen Querschnitt durch einen vierschaligen Drallerzeuger,

Fig. 5 eine Ansicht durch einen Drallerzeuger, dessen Schalen schaufelförmig profiliert sind.

DE 196 39 301 A1

3

4

Fig. 6 eine Ausgestaltung der Übergangsgeometrie zwischen Drallerzeuger und Mischstrecke,

Fig. 7 eine schematische Darstellung des Drallerzeugers nach Fig. 2 mit zurückversetzter Brennstoffdüse,

Fig. 8-11 verschiedene torusähnliche Ausgestaltungen in der Brennerfront zur Stabilisierung der Rückströmblase.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

Fig. 1 zeigt den Gesamtaufbau eines Brenners. Anfänglich ist ein Drallerzeuger 100 wirksam, dessen Ausgestaltung in den nachfolgenden Fig. 2-5 noch näher gezeigt und beschrieben wird. Es handelt sich bei diesem Drallerzeuger 100 um ein kegelförmiges Gebilde, das tangential mehrfach von einem tangential einströmenden Verbrennungsluftstromes 115 beaufschlagt wird. Die sich hierin bildende Strömung wird anhand einer stromab des Drallerzeugers 100 vorgesehenen Übergangsgeometrie nahtlos in ein Übergangsstück 200 übergeleitet, dergestalt, daß dort keine Ablösungsgebiete auftreten können. Die Konfiguration dieser Übergangsgeometrie wird unter Fig. 6 näher beschrieben. Dieses Übergangsstück 200 ist abströmungsseitig der Übergangsgeometrie durch ein Mischrohr 20 verlängert, wobei beide Teile die eigentliche Mischstrecke 220 bilden. Selbstverständlich kann die Mischstrecke 220 aus einem einzigen Stück bestehen, d. h. dann, daß das Übergangsstück 200 und das Mischrohr 20 zu einem einzigen zusammenhängenden Gebilde verschmelzen, wobei die Charakteristiken eines jeden Teils erhalten bleiben. Werden Übergangsstück 200 und Mischrohr 20 aus zwei Teilen erstellt, so sind diese durch einen Buchsenring 10 verbunden, wobei der gleiche Buchsenring 10 kopfsseitig als Verankerungsfläche für den Drallerzeuger 100 dient. Ein solcher Buchsenring 10 hat darüber hinaus den Vorteil, daß verschiedene Mischrohre eingesetzt werden können. Abströmungsseitig des Mischrohres 20 befindet sich die eigentliche Brennkammer 30, welche hier lediglich durch ein Flammrohr versinnbildlicht ist. Die Mischstrecke 220 erfüllt weitgehend die Aufgabe, daß stromab des Drallerzeugers 100 eine definierte Strecke bereitgestellt wird, in welcher eine perfekte Vormischung von Brennstoffen verschiedener Art erzielt werden kann. Diese Mischstrecke, also vordergründig das Mischrohr 20, ermöglicht des weiteren eine verlustfreie Strömungsführung, so daß sich auch in Wirkverbindung mit der Übergangsgeometrie zunächst keine Rückströmzone oder Rückströmblase bilden kann, womit über die Länge der Mischstrecke 220 auf die Mischungsgüte für alle Brennstoffarten Einfluß ausgeübt werden kann. Diese Mischstrecke 220 hat aber noch eine andere Eigenschaft, welche darin besteht, daß in ihr selbst das Axialgeschwindigkeits-Profil ein ausgeprägtes Maximum auf der Achse besitzt, so daß eine Rückzündung der Flamme aus der Brennkammer nicht möglich ist. Allerdings ist es richtig, daß bei einer solchen Konfiguration diese Axialgeschwindigkeit zur Wand hin abfällt. Um Rückzündung auch in diesem Bereich zu unterbinden, wird das Mischrohr 20 in Strömungs- und Umfangsrichtung mit einer Anzahl regelmäßig oder unregelmäßig verteilter Bohrungen 21 verschiedenster Querschnitte und Richtungen versehen, durch welche eine Luftmenge in das Innere des Mischrohres 20 strömt, und entlang der Wand im Sinne einer Filmlegung eine Erhöhung der Geschwindigkeit induzieren. Eine andere Möglichkeit die gleiche Wirkung zu

erzielen, besteht darin, daß der Durchflußquerschnitt des Mischrohres 20 abströmungsseitig der Übergangskanäle 201, welche die bereits genannten Übergangsgeometrie bilden, eine Verengung erfährt, wodurch die gesamte Geschwindigkeitsniveau innerhalb des Mischrohres 20 angehoben wird. In der Figur verlaufen diese Bohrungen 21 unter einem spitzen Winkel gegenüber der Brennerachse 60. Des weiteren entspricht der Auslauf der Übergangskanäle 201 dem engsten Durchflußquerschnitt des Mischrohres 20. Die genannten Übergangskanäle 201 überbrücken demnach den jeweiligen Querschnittsunterschied, ohne dabei die gebildete Strömung negativ zu beeinflussen. Wenn die gewählte Vorkehrung bei der Führung der Rohrströmung 40 entlang des Mischrohres 20 einen nicht tolerierbaren Druckverlust auslöst, so kann hiergegen Abhilfe geschaffen werden, indem am Ende dieses Mischrohres ein in der Figur nicht gezeigter Diffusor vorgesehen wird. Am Ende des Mischrohres 20 schließt sich sodann eine Brennkammer 30 an, wobei zwischen den beiden Durchflußquerschnitten ein durch eine Brennerfront 70 gebildeter Querschnittsprung vorhanden ist. Erst hier bildet sich eine zentrale Rückströmzone 50, welche die Eigenschaften eines körperlosen Flammenhalters aufweist. Bildet sich innerhalb dieses Querschnittsprunges während des Betriebes eine strömungsmäßige Randzone, in welcher durch den dort vorherrschenden Unterdruck Wirbelablösungen entstehen, so führt dies zu einer verstärkten Ringstabilisation der Rückströmzone 50. Stirnseitig weist die Brennkammer 30 eine Anzahl Öffnungen 31 auf, durch welche eine Luftmenge direkt in den Querschnittsprung strömt, und dort unteren anderen dazu beiträgt, daß die Ringstabilisation der Rückströmzone 50 gestärkt wird. Danebst darf nicht unerwähnt bleiben, daß die Erzeugung einer stabilen Rückströmzone 50 auch eine ausreichend hohe Drallzahl in einem Rohr erfordert. Ist eine solche zunächst unerwünscht, so können stabile Rückströmzonen durch die Zufuhr kleiner stark verdrahter Luftströmungen am Rohrende, beispielsweise durch tangentielle Öffnungen, erzeugt werden. Dabei geht man hier davon aus, daß die hierzu benötigte Luftmenge in etwa 5-20% der Gesamtluftmenge beträgt. Was die Ausgestaltung der Brennerfront 70 am Ende des Mischrohres 20 zur Stabilisierung der Rückströmzone oder Rückströmblase 50 betrifft, wird auf die Beschreibung unter Fig. 8-11 verwiesen.

Um den Aufbau des Drallerzeugers 100 besser zu verstehen, ist es von Vorteil, wenn gleichzeitig zu Fig. 2 mindestens Fig. 3 herangezogen wird. Des weiteren, um diese Fig. 2 nicht unnötig unübersichtlich zu gestalten, sind in ihr die nach den Fig. 3 schematisch gezeigten Leitbleche 121a, 121b nur andeutungsweise aufgenommen worden. Im folgenden wird bei der Beschreibung von Fig. 2 nach Bedarf auf die genannten Figuren hingewiesen.

Der erste Teil des Brenners nach Fig. 1 bildet den nach Fig. 2 gezeigten Drallerzeuger 100. Dieser besteht aus zwei hohlen kegelförmigen Teilkörpern 101, 102, die versetzt zueinander ineinandergeschachtelt sind. Die Anzahl der kegelförmigen Teilkörper kann selbstverständlich größer als zwei sein, wie die Fig. 4 und 5 zeigen; dies hängt jeweils, wie weiter unten noch näher zur Erläuterung kommen wird, von der Betriebsart des ganzen Brenners ab. Es ist bei bestimmten Betriebskonstellationen nicht ausgeschlossen, einen aus einer einzigen Spirale bestehenden Drallerzeuger vorzusehen. Die Versetzung der jeweiligen Mittelachse oder Längssymmetrieachsen 201b, 202b der kegelförmigen Teilkörper 101,

DE 196 39 301 A1

5

6

102 zueinander schafft bei der benachbarten Wandung, in spiegelbildlicher Anordnung, jeweils einen tangentialen Kanal, d. h. einen Lufteintrittsschlitz 119, 120 (Fig. 3), durch welche die Verbrennungsluft 115 in Innenraum des Drallerzeugers 100, d. h. in den Kegelhohlraum 114 desselben strömt. Die Kegelform der gezeigten Teilkörper 101, 102 in Strömungsrichtung weist einen bestimmten festen Winkel auf. Selbstverständlich, je nach Betriebseinsatz, können die Teilkörper 101, 102 in Strömungsrichtung eine zunehmende oder abnehmende Kegelneigung aufweisen, ähnlich einer Trompete resp. Tulp. Die beiden letztgenannten Formen sind zeichnerisch nicht erfaßt, da sie für den Fachmann ohne weiteres nachempfindbar sind. Die beiden kegeligen Teilkörper 101, 102 weisen je einen zylindrischen Anfangsteil 101a, 102a, die ebenfalls, analog den kegeligen Teilkörpern 101, 102, versetzt zueinander verlaufen, so daß die tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 über die ganze Länge des Drallerzeugers 100 vorhanden sind. Im Bereich des zylindrischen Anfangsteils ist eine Düse 103 vorzugsweise für einen flüssigen Brennstoff 112 untergebracht, deren Eindüsung 104 in etwa mit dem engsten Querschnitt des durch die kegeligen Teilkörper 101, 102 gebildeten Kegelhohlraumes 114 zusammenfällt. Die Eindüsungskapazität und die Art dieser Düse 103 richtet sich nach den vorgegebenen Parametern des jeweiligen Brenners. Selbstverständlich kann der Drallerzeuger 100 rein kegelig, also ohne zylindrische Anfangsteile 101a, 102a, ausgeführt sein. Die kegeligen Teilkörper 101, 102 weisen des weiteren je eine Brennstoffleitung 108, 109 auf, welche entlang der tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 angeordnet und mit Eindüsungsoffnungen 117 versehen sind, durch welche vorzugsweise ein gasförmiger Brennstoff 113 in die dort durchströmende Verbrennungsluft 115 eingedüst wird, wie dies die Pfeile 116 versinnbildlichen wollen. Diese Brennstoffleitungen 108, 109 sind vorzugsweise spätestens am Ende der tangentialen Einströmung, vor Eintritt in den Kegelhohlraum 114, platziert, dies um eine optimale Luft/Brennstoff-Mischung zu erhalten. Bei dem durch die Düse 103 herangeführten Brennstoff 112 handelt es sich, wie erwähnt, im Normalfall um einen flüssigen Brennstoff, wobei eine Gemischbildung mit einem anderen Medium ohne weiteres möglich ist. Dieser Brennstoff 112 wird unter einem spitzen Winkel in den Kegelhohlraum 114 eingedüst. Aus der Düse 103 bildet sich sonach ein kegeliges Brennstoffspray 105, das von der tangential einströmenden rotierenden Verbrennungsluft 115 umschlossen wird. In axialer Richtung wird die Konzentration des eingedüsten Brennstoffes 112 fortlaufend durch die einströmenden Verbrennungsluft 115 zu einer Vermischung Richtung Verdampfung abgebaut. Wird ein gasförmiger Brennstoff 113 über die Öffnungsdüsen 117 eingebracht, geschieht die Bildung des Brennstoff/Luft-Gemisches direkt am Ende der Lufteintrittsschlitze 119, 120. Ist die Verbrennungsluft 115 zusätzlich vorgeheizt, oder beispielsweise mit einem rückgeführten Rauchgas oder Abgas angereichert, so unterstützt dies nachhaltig die Verdampfung des flüssigen Brennstoffes 112, bevor dieses Gemisch in die nachgeschaltete Stufe strömt. Die gleichen Überlegungen gelten auch, wenn über die Leitungen 108, 109 flüssige Brennstoffe zugeführt werden sollten. Bei der Gestaltung der kegeligen Teilkörper 101, 102 hinsichtlich des Kegelwinkels und der Breite der tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 sind an sich enge Grenzen einzuhalten, damit sich das gewünschte Strömungsfeld der Verbrennungsluft 115 am Ausgang des Drallerzeugers

100 einstellen kann. Allgemein ist zu sagen, daß eine Verkleinerung der tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 die schnellere Bildung einer Rückströmzone bereits im Bereich des Drallerzeugers begünstigt. Die Axialgeschwindigkeit innerhalb des Drallerzeugers 100 läßt sich durch eine entsprechende nicht gezeigte Zuführung eines axialen Verbrennungsluftstromes verändern. Eine entsprechende Drallerzeugung verhindert die Bildung von Strömungsablösungen innerhalb des dem Drallerzeuger 100 nachgeschalteten Mischrohrs. Die Konstruktion des Drallerzeugers 100 eignet sich des weiteren vorzüglich, die Größe der tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 zu verändern, womit ohne Veränderung der Baulänge des Drallerzeugers 100 eine relativ große betriebliche Bandbreite erfaßt werden kann. Selbstverständlich sind die Teilkörper 101, 102 auch in einer anderen Ebene zueinander verschiebbar, wodurch sogar eine Überlappung derselben vorgesehen werden kann. Es ist des weiteren möglich, die Teilkörper 101, 102 durch eine gegenläufig drehende Bewegung spiralartig ineinander zu verschachteln. Somit ist es möglich, die Form, die Größe und die Konfiguration der tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 beliebig zu variieren, womit der Drallerzeuger 100 ohne Veränderung seiner Baulänge universell einsetzbar ist.

Aus Fig. 3 geht nunmehr die geometrische Konfiguration der Leitbleche 121a, 121b hervor. Sie haben Strömungseinführungsfunktion, wobei diese, entsprechend ihrer Länge, das jeweilige Ende der kegeligen Teilkörper 101, 102 in Anströmungsrichtung gegenüber der Verbrennungsluft 115 verlängern. Die Kanalisierung der Verbrennungsluft 115 in den Kegelhohlraum 114 kann durch Öffnen bzw. Schließen der Leitbleche 121a, 121b um einen im Bereich des Eintritts dieses Kanals in den Kegelhohlraum 114 platzierten Drehpunkt 123 optimiert werden, insbesondere ist dies vonnöten, wenn die ursprüngliche Spaltgröße der tangentialen Lufteintrittsschlitze 119, 120 dynamisch verändert werden soll. Selbstverständlich können diese dynamische Vorkehrungen auch statisch vorgesehen werden, indem bedarfsmäßige Leitbleche einen festen Bestandteil mit den kegeligen Teilkörpern 101, 102 bilden. Ebenfalls kann der Drallerzeuger 100 auch ohne Leitbleche betrieben werden, oder es können andere Hilfsmittel hierfür vorgesehen werden.

Fig. 4 zeigt gegenüber Fig. 3, daß der Drallerzeuger 100 nunmehr aus vier Teilkörpern 130, 131, 132, 133 aufgebaut ist. Die dazugehörigen Längssymmetrieachsen zu jedem Teilkörper sind mit Buchstabe a gekennzeichnet. Zu dieser Konfiguration ist zu sagen, daß sie sich aufgrund der damit erzeugten, geringeren Drallstärke und im Zusammenwirken mit einer entsprechend vergrößerten Schlitzbreite bestens eignet, das Aufplatzen der Wirbelströmung abströmungsseitig des Drallerzeugers im Mischrohr zu verhindern, womit das Mischrohr die ihm zugedachte Rolle bestens erfüllen kann.

Fig. 5 unterscheidet sich gegenüber Fig. 4 insoweit, als hier die Teilkörper 140, 141, 142, 143 eine Schaufelprofilform haben, welche zur Bereitstellung einer gewissen Strömung vorgesehen wird. Ansonsten ist die Betriebsart des Drallerzeugers die gleiche geblieben. Die Zumischung des Brennstoffes 116 in den Verbrennungsluftstrom 115 geschieht aus dem Innern der Schaufelprofile heraus, d. h. die Brennstoffleitung 108 ist nunmehr in die einzelnen Schaufeln integriert. Auch hier sind die Längssymmetrieachsen zu den einzelnen Teilkörpern mit Buchstabe a gekennzeichnet.

Fig. 6 zeigt das Übergangsstück 200 in dreidimensionaler

DE 196 39 301 A1

7

8

nalere Ansicht. Die Übergangsgeometrie ist für einen Drallerzeuger 100 mit vier Teilkörpern, entsprechend der Fig. 4 oder 5, aufgebaut. Dementsprechend weist die Übergangsgeometrie als natürliche Verlängerung der stromauf wirkenden Teilkörper vier Übergangskanäle 201 auf, wodurch die Kegelvierthelfläche der genannten Teilkörper verlängert wird, bis sie die Wand des Mischrohres schneidet. Die gleichen Überlegungen gelten auch, wenn der Drallerzeuger aus einem anderen Prinzip, als den unter Fig. 2 beschriebenen, aufgebaut ist. Die nach unten in Strömungsrichtung verlaufende Fläche der einzelnen Übergangskanäle 201 weist eine in Strömungsrichtung spiralförmig verlaufende Form auf, welche einen sichelförmigen Verlauf beschreibt, entsprechend der Tatsache, daß sich vorliegend der Durchflußquerschnitt des Übergangsstückes 200 in Strömungsrichtung konisch erweitert. Der Drallwinkel der Übergangskanäle 201 in Strömungsrichtung ist so gewählt, daß der Rohrströmung anschließend bis zum Querschnittssprung am Brennkammereintritt noch eine genügend große Strecke verbleibt, um eine perfekte Vormischung mit dem eingedüsteten Brennstoff zu bewerkstelligen. Ferner erhöht sich durch die oben genannten Maßnahmen auch die Axialgeschwindigkeit an der Mischrohrwand stromab des Drallerzeugers. Die Übergangsgeometrie und die Maßnahmen im Bereich des Mischrohres bewirken eine deutliche Steigerung des Axialgeschwindigkeitsprofils zum Mittelpunkt des Mischrohres hin, so daß der Gefahr einer Frühzündung entscheidend entgegengewirkt wird.

Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung eines Drallerzeugers 100a, der unter den vorangehenden Fig. 2-5 näher beschrieben worden ist. Wesentlich an Fig. 7 ist die Darstellung der mittig platzierten Brennstoffdüse 103a, welche gegenüber dem Anfang 125 des kegeligen Durchflußquerschnittes stromauf zurückversetzt ist, wobei die Strecke 126 von dem gewählten Spraywinkel 105 abhängt, und sie ist ca. so lang wie der Durchmesser des dortigen Querschnittes. Durch diese Versetzung kommt die Mündung 104 der Brennstoffdüse 103a im Bereich der kopfseitigen festen Ummantelung 101a, 102a zu stehen. Das durch die Rückversetzung der Brennstoffdüse 103a entstehende Brennstoffspray 105 tritt mit einem größeren Kegelradius in den von der Hauptströmung der Verbrennungsluft in den Innenraum 114 des Brenners abgedeckten Bereich ein, so daß sich das Brennstoffspray 105 in diesem Bereich nicht mehr als einen festen kompakten Körper verhält, sondern bereits zu Tropfen zerfallen ist und demnach leicht durchdringbar ist. Die Zuströmung der Verbrennungsluft 115 in das Brennstoffspray 105 wird nicht mehr behindert, was sich auf die Mischungsqualität im positiven Sinne niederschlägt, dadurch, daß das Brennstoffspray 105 leichter durch die Verbrennungsluft durchdrungen werden kann. Darüber hinaus, im Bereich der Ebene der Brennstoffspray-Mündung 104 sind radial oder quasi-radial angeordnete Öffnungen 124 vorgesehen, durch welche eine Spülluft in den von der Größe der Brennstoffdüse 103a induzierten Querschnitt einströmt. Der Durchflußquerschnitt dieser Öffnungen 124 wird so gewählt, daß im Gasbetrieb der durch diese Öffnungen strömenden Luftmassenstrom nicht ausreicht, um die Rückströmzone (Vgl. Fig. 1) weiter stromab zu verschieben. Im Flüssigbrennstoffbetrieb wirkt das Brennstoffspray 105 praktisch als Strahlpumpe, womit sich der Luftmassenstrom durch die genannten Öffnungen 124 erhöht. Dies bewirkt einen größeren axialen Impuls, der die Rückströmzone weiter stromab ver-

schiebt, was als gute Maßnahme gegen eine Rückzündung der Flamme wirkt. Auf die schematisch dargestellten kegelförmigen Teilkörper 101, 102 wird in Fig. 2-5 näher eingegangen. Dort werden auch Konfiguration und Wirkungsweise der tangentialen Luft Eintrittsschlitze 119, 120 näher behandelt.

Fig. 8 zeigt, wie am Ende des Mischrohres 20, entlang der radialen Abschlussskante, welche die Brennerfront 70 bildet, brennkammerseitig ein Torus 71 ausgespart ist. Grundsätzlich hängt die Größe dieses Toruses von der Hauptströmung 40 innerhalb der zur Mischstrecke gehörenden Mischrohres 20: Der Torus 71 wird so gewählt, daß sich die Hauptströmung 40 an eine von ihr gebildete Torusströmung 72 anlegt, womit die Drallzahl stark ansteigt. Gleichzeitig resultiert aus dieser Anlegung eine gegenüber der Brennerachse 60 schrägverlaufende umgelenkte Hauptströmung 73, welche sich tangential zu der Torusströmung 72 entwickelt. Diese ursächlich von dem Torus 71 induzierte Strömungsdynamik ist dafür verantwortlich, daß sich die Rückströmblase 50 gegenüber einer Strömung ohne Torus gewaltig vergrößert, wie dies in Fig. 1 bildlich angedeutet ist, und daraus eine Verstärkung der Flammenstabilisierung in diesem Bereich induziert. Der aus dieser Fig. 8 ersichtliche Torus 71 beschreibt einen Halbkreis, beginnend an der Innenkante des Mischrohres 20. Die verbleibende Abschlussskante 70 in radialer Richtung bleibt über den Verlauf des halbkreisförmigen Toruses 71 unverändert.

Fig. 9 zeigt eine weitere Ausgestaltung des Toruses. Dieser ist nun von viertelkreisförmigem Verlauf 74 und geht dann in eine radiale Abschlussskante 75 über, welche von der ursprünglichen Brennerfront 70 gemäß Fig. 8 abgesetzt ist. Auch hier entsteht eine starke Steigerung der Drallzahl, und aus oben dargelegten Gründen eine Stärkung der Rückströmblase 50.

Bereits aus diesen zwei Beispielen ist ersichtlich, daß die Ausbildung der Torusse verschiedentlich sein kann. Wichtig dabei ist, daß die Torusströmung 72 durch die Hauptströmung 40 angetrieben wird, und die letztgenannte dann im Sinne der Abbildungen umgelenkt wird.

Fig. 10 entspricht, was den Verlauf des Toruses 71 betrifft, die Gestaltung gemäß Fig. 8. Die Weiterentwicklung betrifft hier die Torusströmung 72, welche zusätzlich zu der Hauptströmung 40 noch durch eine Sekundärströmung 76 angetrieben wird. Diese Sekundärströmung 76 bildet zugleich eine Kühlluftströmung für die die Brennerfront bildende Abschlussskante 70.

Fig. 11 ist eine weitere Ausgestaltung von Fig. 10, wobei hier eine grundsätzliche Möglichkeit gezeigt wird, wie im Zusammenhang mit der Bildung der Torusströmung 72 eine Pilotstufe 77 mitintegriert werden kann. Ein zur Pilotstufe 77 gehöriger und axial verlaufender Kanal bringt Brennstoff in die Torusströmung 72 ein, und sorgt für eine Brennstoffpilotierung, wobei dieser Kanal in etwa an höchste Stelle des Toruses 71 einmündet.

#### Bezugszeichenliste:

- 10 Buchenring
- 20 Mischrohr, Teil der Mischstrecke 220
- 21 Bohrungen, Öffnungen
- 30 Brennkammer
- 31 Öffnungen
- 40 Strömung, Rohrströmung im Mischrohr, Hauptströmung
- 50 Rückströmzone, Rückströmblase

DE 196 39 301 A1

9

10

60 Brennerachse  
 70 Abschlußkante, Brennerfront  
 71 Verlauf des Toruses  
 72 Torusströmung  
 73 Umgeleitete Hauptströmung  
 74 Verlauf des Toruses  
 75 Zurückversetzte Abschlußkante  
 76 Sekundärströmung, Kühlluft  
 77 Brennstoffpilotierung, Pilotstufe  
 100 Drallerzeuger  
 100a Drallerzeuger  
 101, 102 Teilkörper  
 101a, 102b Zylindrische Anfangsteile  
 101b, 102b Längssymmetrieachsen  
 103 Brennstoffdüse  
 103a Brennstoffdüse  
 104 Brennstoffeindüsung  
 105 Brennstoffspray (Brennstoffeindüsungsprofil)  
 108, 109 Brennstoffleitungen  
 112 Flüssiger Brennstoff  
 113 Gasförmiger Brennstoff  
 114 Kegelhohlraum  
 115 Verbrennungsluft (Verbrennungsluftstrom)  
 116 Brennstoff-Eindüsung aus den Leitungen 108, 109  
 117 Brennstoffdüsen  
 119, 120 Tangentiale Lufteintrittsschlitze  
 121a, 121b Leitbleche  
 123 Drehpunkt der Leitbleche  
 124 Öffnungen  
 125 Kegellinnenspitze  
 126 Versetzung der Brennstoffdüse 103a gegenüber 125  
 130, 131, 132, 133 Teilkörper  
 131a, 131a, 132a, 133a Längssymmetrieachsen  
 140, 141, 142, 143 Schaufelprofilförmige Teilkörper  
 140a, 141a, 142a, 143a Längssymmetrieachsen  
 200 Übergangsstück, Teil der Mischstrecke 220  
 201 Übergangskanäle  
 220 Mischstrecke

## Patentansprüche

1. Brenner zum Betrieb einer Brennkammer, im wesentlichen bestehend aus einem Drallerzeuger für einen Verbrennungsluftstrom, aus Mitteln zur Eindüsung eines Brennstoffes in den Verbrennungsluftstrom, wobei stromab des Drallerzeugers eine Mischstrecke angeordnet ist, welche innerhalb eines ersten Streckenteils in Strömungsrichtung eine Anzahl Übergangskanäle zur Überführung einer im Drallerzeuger gebildeten Strömung in ein stromab dieser Übergangskanäle nachgeschaltetes in eine Brennerfront übergehendes Mischrohr aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennerfront (70) brennkammerseitig mit mindestens einer torusähnlichen Einkerbung (71, 74) ausgebildet ist.  
 2. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die torusähnliche Einkerbung (71) in der Brennerfront (70) einen Halbkreis beschreibt.  
 3. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die torusähnliche Einkerbung (74) in der Brennerfront (70) einen Viertelkreis beschreibt, der anschließend in eine von der Brennerfront (70) abgesetzte Abschlußkante (75) übergeht.  
 4. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlauf der torusähnlichen Einkerbung (71, 74) am Übergang zwischen Innenwand des Mischrohres (20) und der Brennerfront (70) beginnt.

5. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die torusähnliche Einkerbung (71, 74) mindestens mit einem in eine dort gebildeten Torusströmung (72) einmündenden Kanal zur Einstromung einer Sekundärluft (76) und/oder eines Brennstoffes (77) versehen ist.  
 6. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Übergangskanäle (201) in der Mischstrecke (220) der Anzahl der vom Drallerzeuger (100, 100a) gebildeten Teilströme entspricht.  
 7. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das den Übergangskanälen (201) nachgeschaltete Mischrohr (20) in Strömungs- und Umfangersrichtung mit Öffnungen (21) zur Eindüsung eines Luftstromes ins Innere des Mischrohres (20) versehen ist.  
 8. Brenner nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (21) unter einem spitzen Winkel gegenüber der Brennerachse (60) des Mischrohres (20) verlaufen.  
 9. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchflußquerschnitt des Mischrohres (20) stromab der Übergangskanäle (201) kleiner, gleich groß oder größer als der Querschnitt der im Drallerzeuger (100, 100a) gebildeten Strömung (40) ist.  
 10. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß stromab der Mischstrecke (220) eine Brennkammer (30) angeordnet ist, daß zwischen der Mischstrecke (220) und der Brennkammer (30) ein Querschnittsprung vorhanden ist, der den anfänglichen Strömungsquerschnitt der Brennkammer (30) induziert, und daß im Bereich dieses Querschnittsprunges eine Rückströmzone (50) wirksam ist.  
 11. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß stromauf der Brennerfront (70) ein Diffusor und/oder eine Venturistrecke vorhanden ist.  
 12. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Drallerzeuger (100, 100a) aus mindestens zwei hohlen, kegelförmigen, in Strömungsrichtung ineinandergeschachtelten Teilkörpern (101, 102; 130, 131, 132, 133; 140, 141, 142, 143) besteht, daß die jeweiligen Längssymmetrieachsen (101b, 102b; 130a, 131a, 132a, 133a; 140a, 141a, 142a, 143a) dieser Teilkörper gegeneinander versetzt verlaufen, dergestalt, daß die benachbarten Wandungen der Teilkörper in deren Längserstreckung tangentielle Kanäle (119, 120) für einen Verbrennungsluftstromes (115) bilden, und daß im von den Teilkörpern gebildeten Innenraum (114) mindestens eine Brennstoffdüse (103, 103a) angeordnet ist.  
 13. Brenner nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der tangentialen Kanäle (119, 120) in deren Längserstreckung weitere Brennstoffdüsen (117) angeordnet sind.  
 14. Brenner nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilkörper (140, 141, 142, 143) im Querschnitt eine schaufelförmige Profilierung aufweisen.  
 15. Brenner nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilkörper in Strömungsrichtung einen festen Kegelwinkel, oder eine zunehmende Kegelneigung, oder eine abnehmende Kegelneigung aufweisen.

DE 196 39 301 A1

11

12

16. Brenner nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilkörper spiralförmig ineinandergeschachtelt sind.

17. Brenner nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffdüse (103) gegenüber dem Anfang der tangentialen Kanäle (119, 120) um eine Strecke (126) zurückversetzt ist. 5

18. Brenner nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Strecke (126) radiale oder quasiradiale Kanäle (124) zur Einströmung einer Sekundärluft aufweist. 10

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

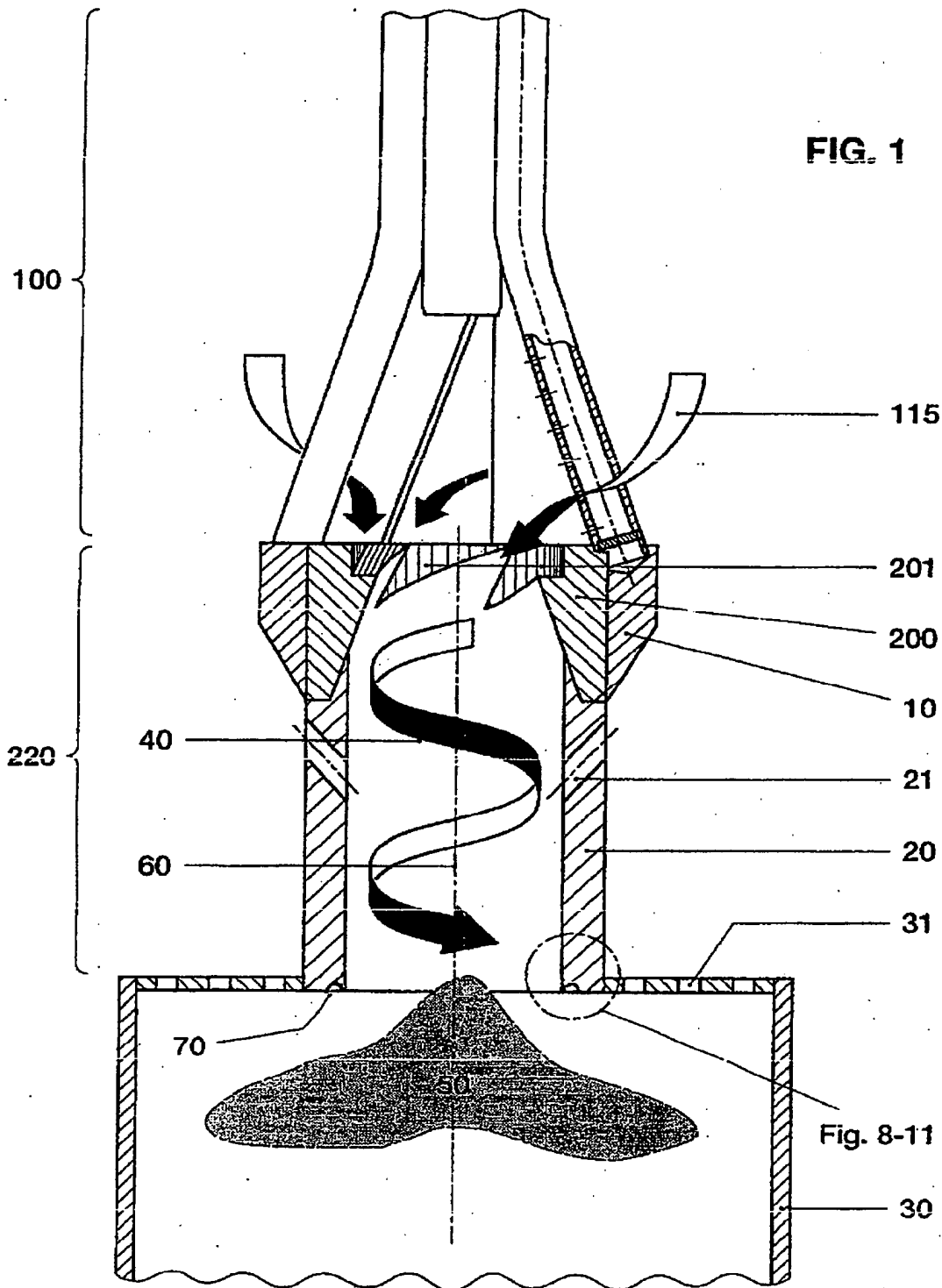
60

65

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:  
Int. Cl.<sup>6</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 196 39 301 A1  
F 23 D 17/00  
28. März 1998



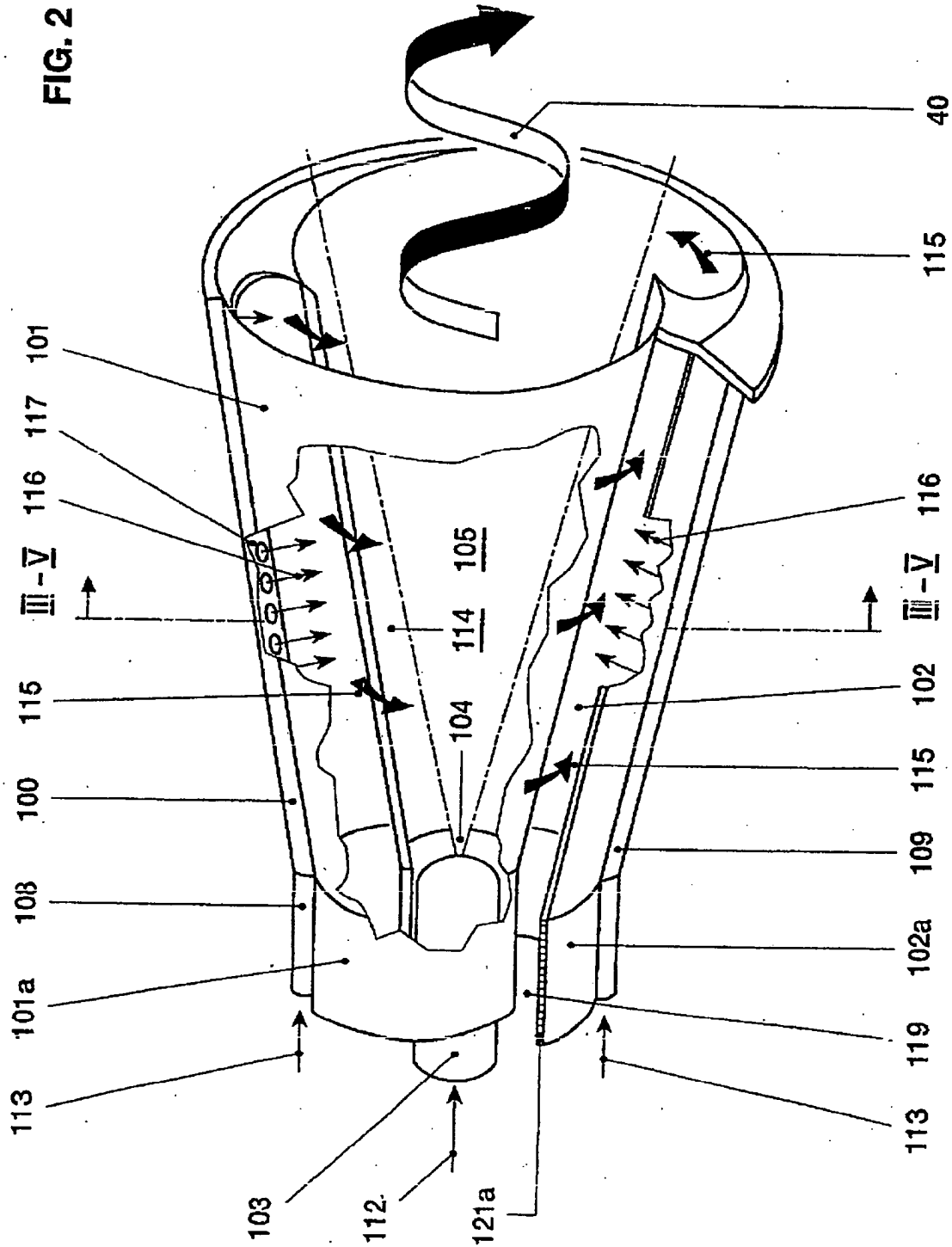
802 013/452



ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:  
Int. Cl.<sup>6</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 196 39 301 A1  
F 23 D 17/00  
26. März 1998



802 013/452

ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:  
Int. Cl.<sup>8</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 196 39 301 A1  
F 23 D 17/00  
26. März 1998

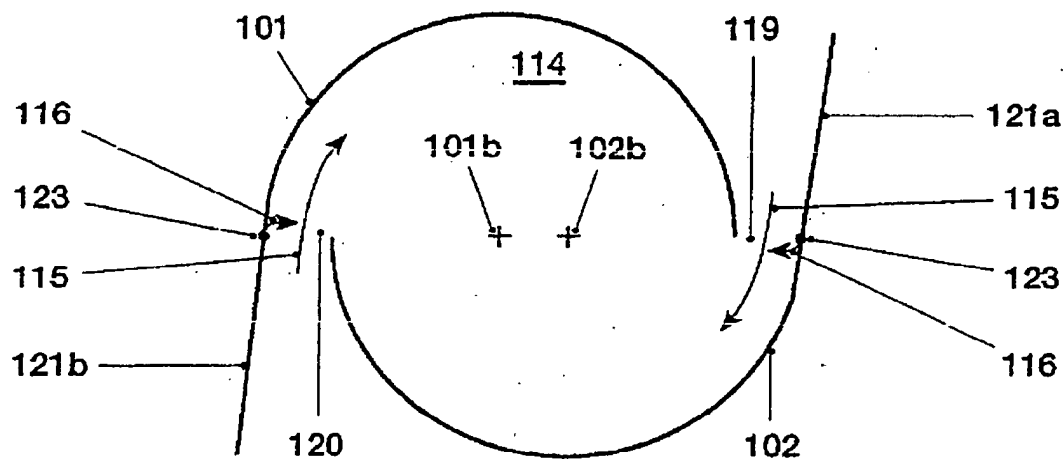


FIG. 3

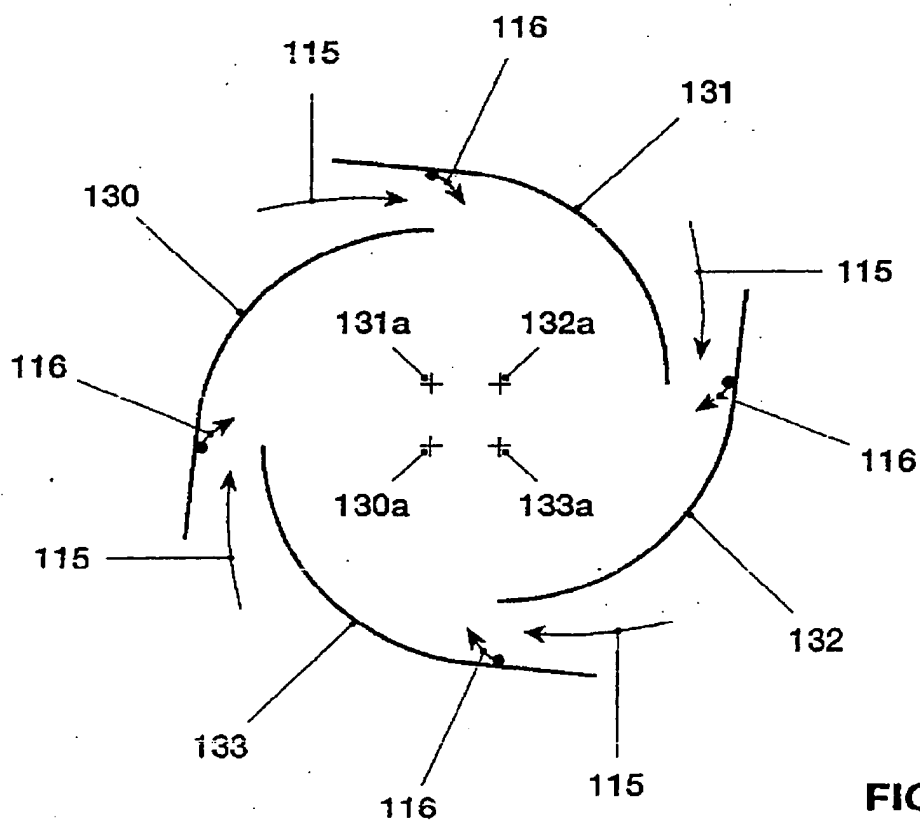


FIG. 4

802 013/452

ZEICHNUNGEN SEITE 4

Nummer:  
Int. Cl.<sup>6</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 196 39 301 A1  
F 23 D 17/00  
26. März 1998

FIG. 5

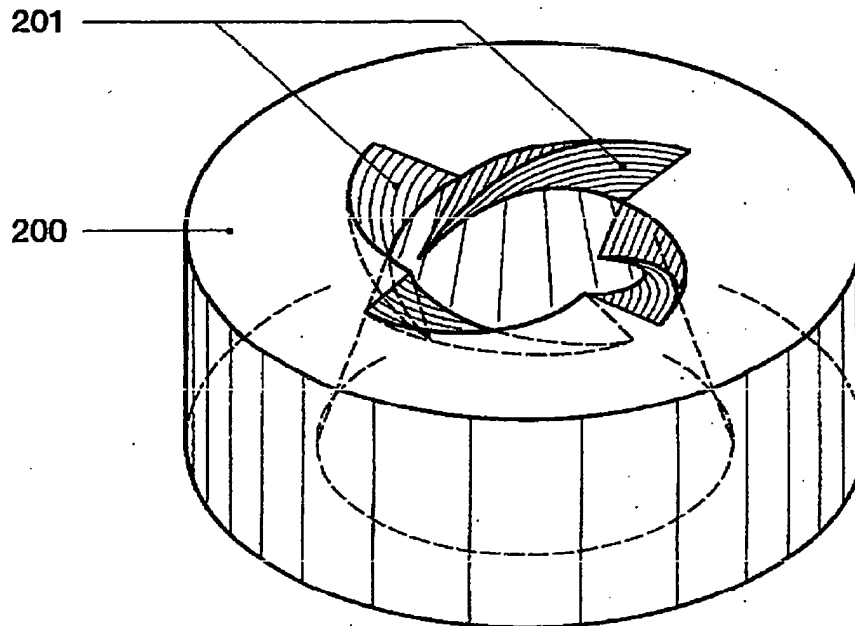
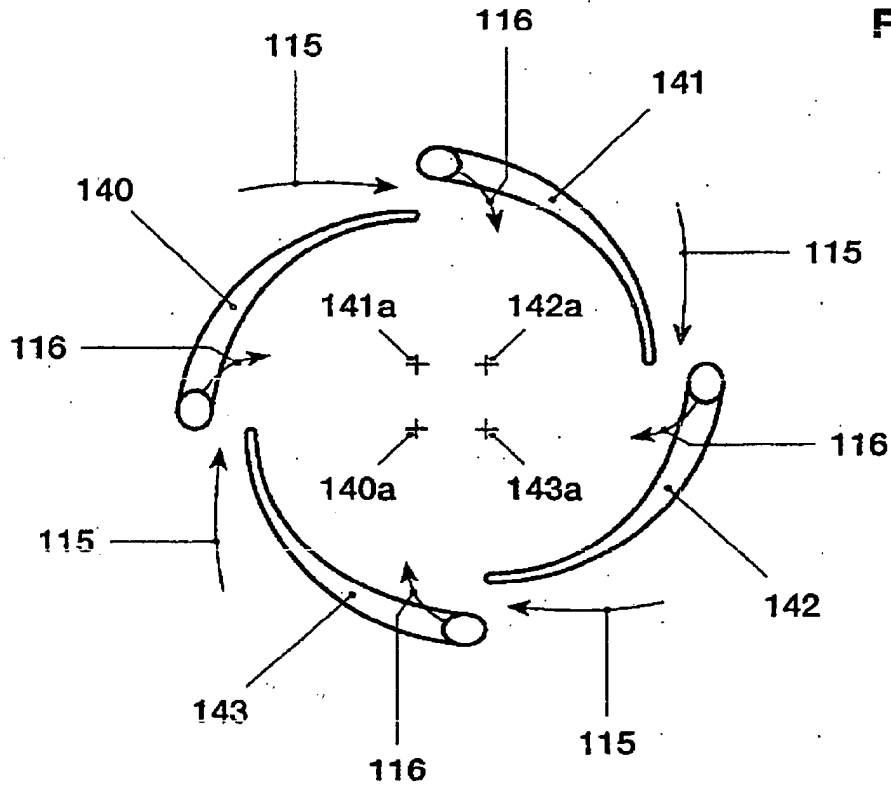


FIG. 6

802 013/452

ZEICHNUNGEN SEITE 5

Nummer:

DE 196 39 301 A1

Int. Cl.<sup>6</sup>:

F 23 D 17/00

Offenlegungstag:

26. März 1998

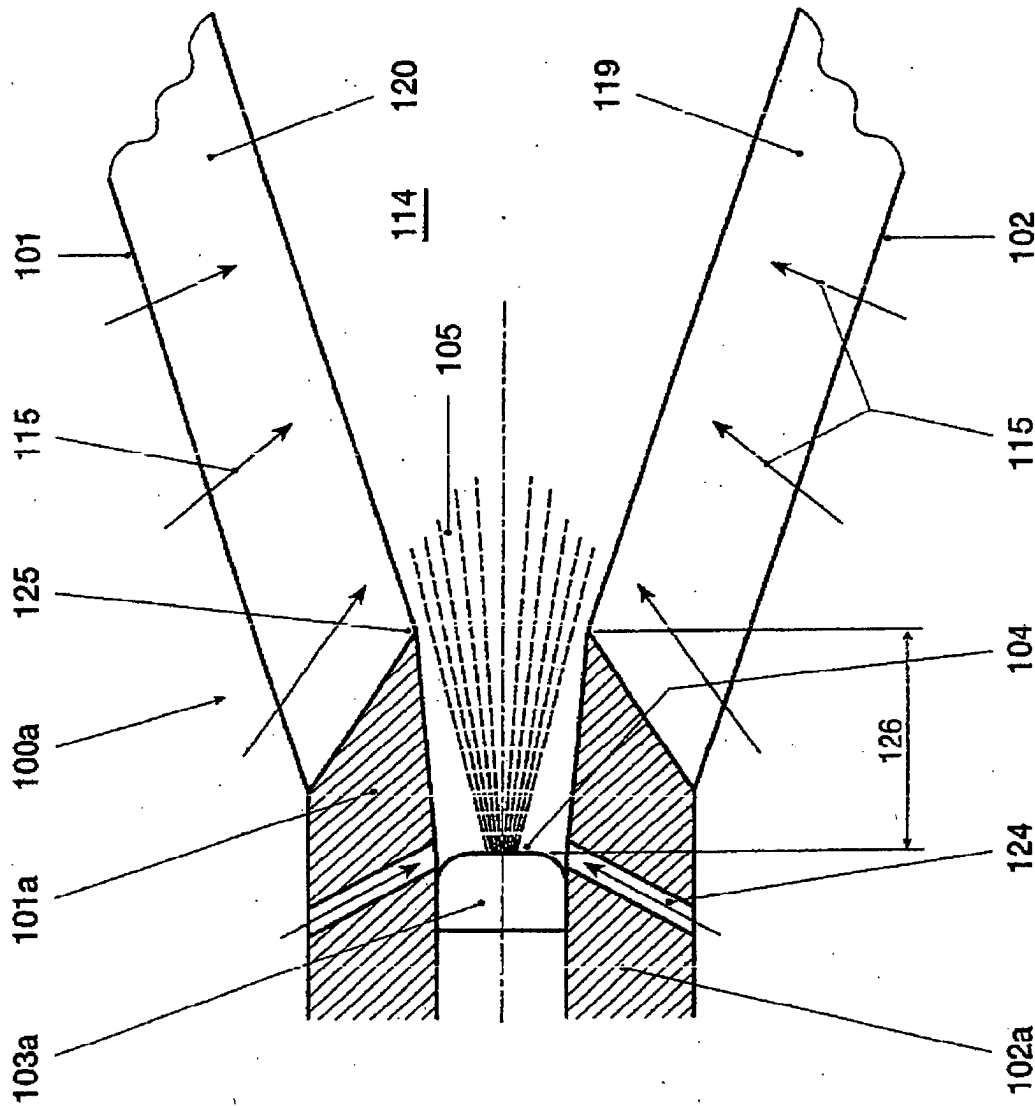


FIG. 7

802 013/452

ZEICHNUNGEN SEITE 6

Nummer:  
Int. Cl. 6:  
Offenlegungstag:

DE 196 39 301 A1  
F 23 D 17/00  
26. März 1998

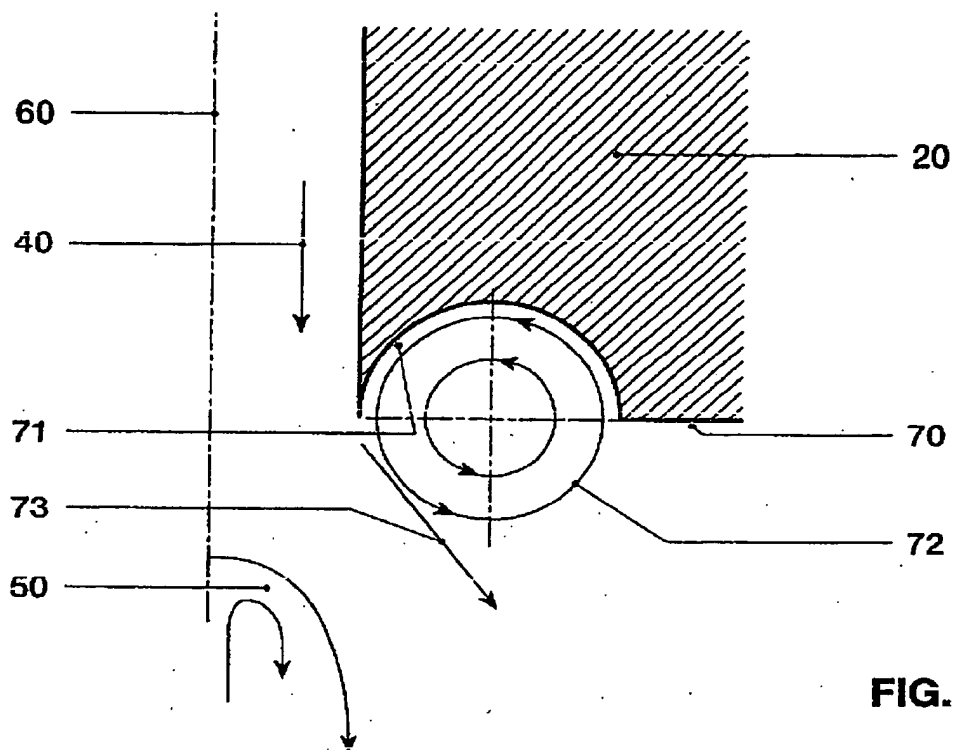


FIG. 8

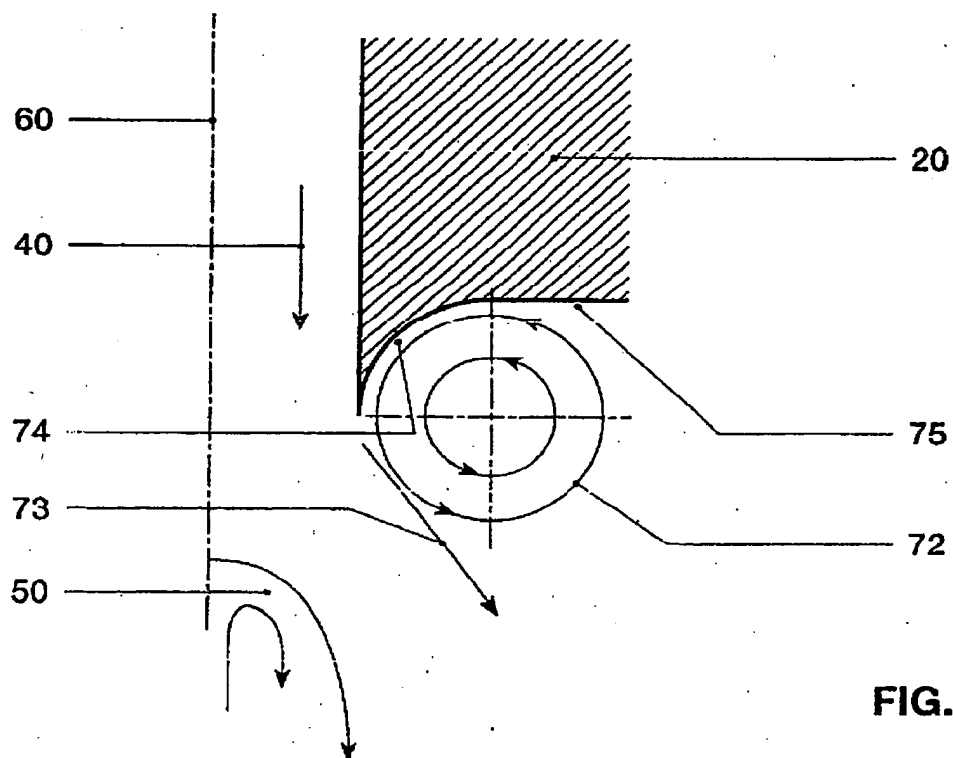


FIG. 9

802 013/452

ZEICHNUNGEN SEITE 7

Nummer:  
Int. Cl. 6:  
Offenlegungstag:

DE 198 39 301 A1  
F 23 D 17/00  
26. März 1998

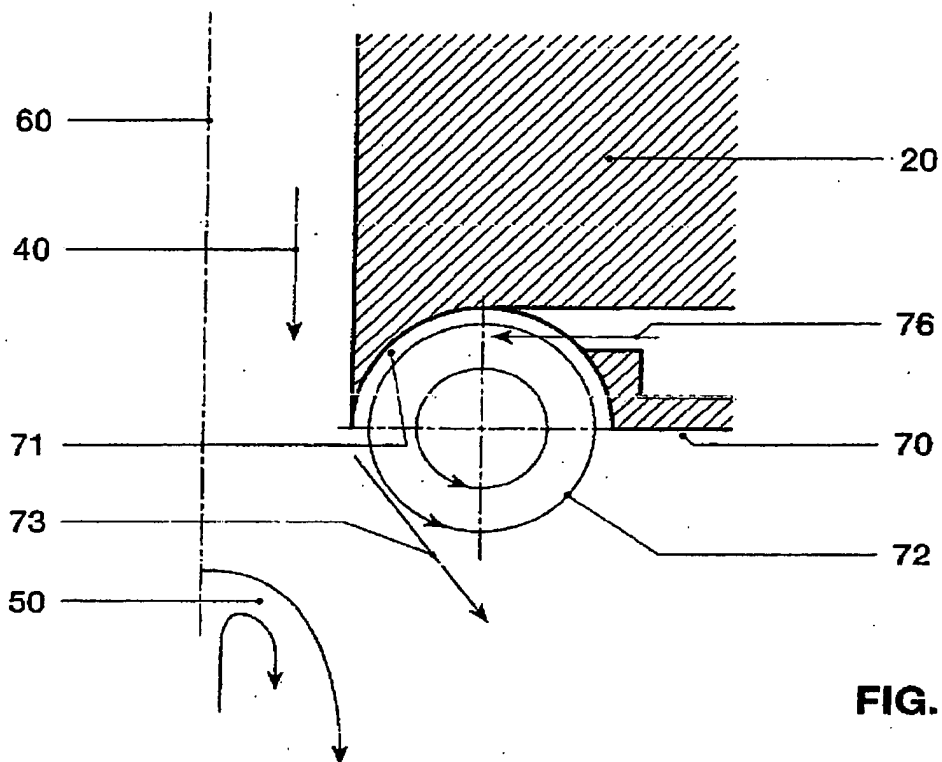


FIG. 10

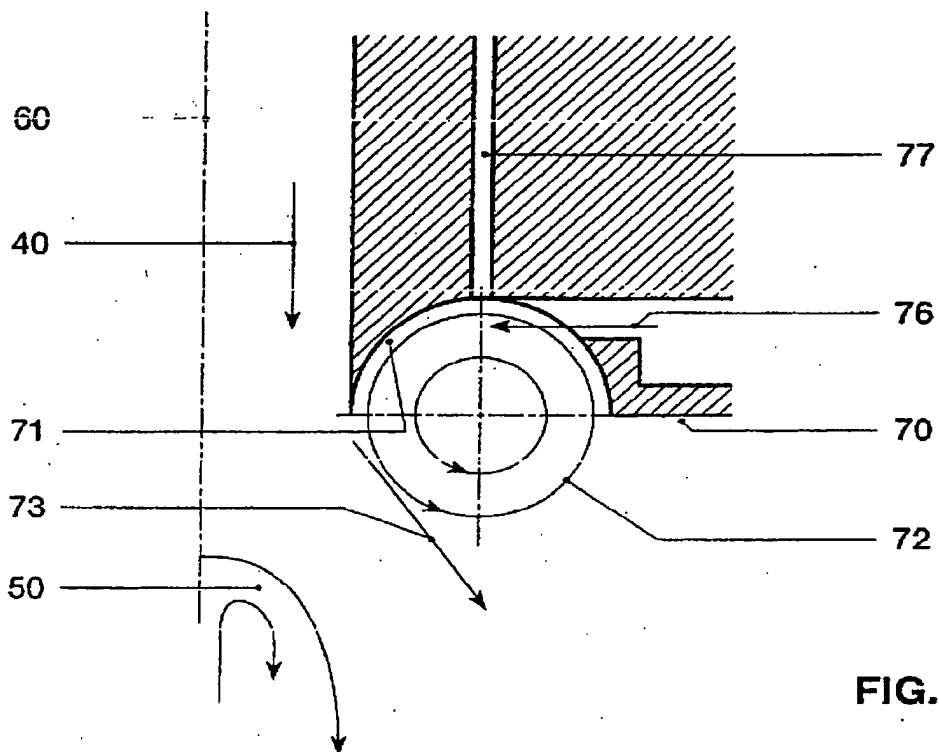


FIG. 11

802 013/452